

REPUBLIQUE DU TCHAD

UNITE - TRAVAIL – PROGRES

PRIMATURE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

INSTITUT TCHADIEN DE RECHERCHE
AGRONOMIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT

Gestion des biomasses végétales participant aux interactions agriculture-élevage

Associations culturales et systèmes de semis direct sous couvert végétal en zone soudanienne du Tchad



Damien HAUSWIRTH
Janvier 2005



Bien que la zone soudanienne du Tchad puisse s'appréhender comme une mosaïque de situations agraires (Magrin, 2000) caractérisées par d'importants différentiels spécifiques¹, la pratique des associations culturales² frappe par sa généralisation : dans les zones exondées en permanence, elle concerne de 65 à 85 % des exploitants agricoles (Nuttens 2001, Hauswirth et Naitormbaide, 2004).

Les objectifs de cet article sont :

- d'abord, de caractériser l'importance et la diversité des systèmes d'associations mis en œuvre ;
- ensuite, d'étudier comment les différentes catégories d'associations culturales pratiquées permettent de répondre à des contraintes agronomiques propres à certains terroirs et/ou à certaines exploitations agricoles ;
- enfin, d'en mesurer l'intérêt économique ainsi le potentiel pour le développement de systèmes de cultures à base de semis direct sous couvert végétal.

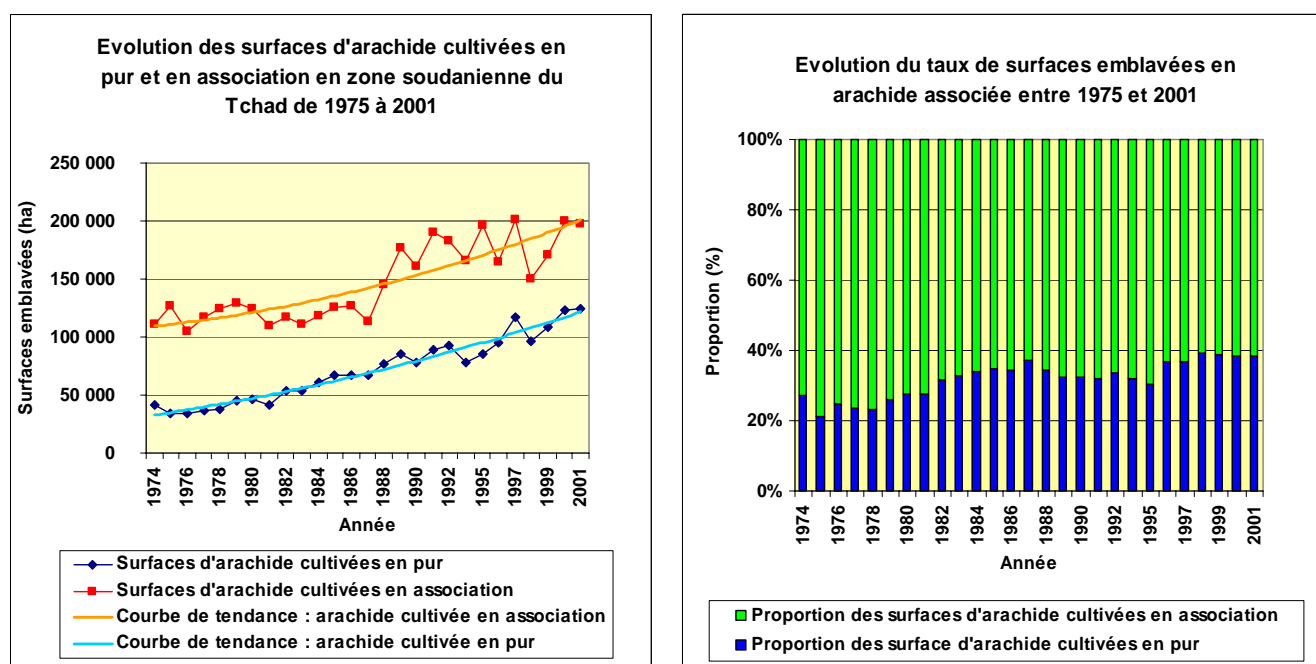
I. Importance et diversité des pratiques d'association culturale en zone soudanienne du Tchad

1.1. Des pratiques de culture concernant plus de 200 000 hectares en production arachidière

Dans les savanes de la zone soudanienne du Tchad, les associations culturales sont dominées par l'emploi de l'arachide comme plante principale, celle-ci étant généralement associée à un sorgho ou à un mil.

Les deux figures qui suivent sont obtenues par exploitation des données compilées par F. Nuttens (2001) sur une période de 25 ans.

Figure 1 et 2 : Evolution de 1975 à 2001 des superficies emblavées en arachide associée et du taux d'association en production d'arachide (données F. Nuttens, 2001)



¹ Différentiels de densité de population (des zones saturées côtoient des fronts pionniers); différentiels d'enclavement (zones désenclavées, enclavées de façon saisonnière ou en permanence); différentiel de tradition vis à vis de l'élevage bovin sédentaire et transhumant ; différentiels pluviométriques, ethniques, topographiques, etc..

² L'association culturale se définit ici par la conduite d'espèces végétales différenciées qui occupent un espace délimité commun durant un laps de temps déterminé. On parle par conséquent d'association culturale dès lors qu'il peut être observé une simultanéité, dans le temps et de l'espace de plusieurs plantes cultivées (Fovet-Rabot C., Wybrecht B., 2001, Les associations et successions culturales, in "Le Manuel de l'agronome"). Les associations culturales comprennent en général une plante principale et une ou plusieurs plantes associées

En valeur absolue, les surfaces emblavées en culture pure suivent le même taux de croissance que celles emblavées en culture associée. La pratique de l'association en culture arachidière, toujours dominante sur la culture pure d'arachide, concernait plus de 100 000 ha en 1975 contre près de 200 000 en 2001. En valeur relative, la pratique de la culture pure montre une tendance à l'augmentation au cours des 25 dernières années : elle concernait 25% des surfaces emblavées en arachide en 1975 (soit 45 000 ha), contre 40% en 2001 (soit 125 000 ha).

1.2. Des pratiques de cultures généralisées dans l'ensemble des zones exondées

Certaines données issues d'une étude³ menée de février à juin 2004 auprès de 858 chefs d'exploitations répartis dans l'ensemble de la zone soudanienne du Tchad ont été extraites et synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°1: Pratique de l'association culturale dans 8 terroirs de la zone soudanienne du Tchad

Nature des petites régions	Plaine inondable		Montagne	Zone de koros ⁴				
Zone étudiée	Djoumann-Bongor	Béré – Lai	Mbaibokoum-Bessao-Goré	Koumra – Moissala	Pala	Doba	Bénoye	Moundou
Sites enquêtés	Kolobo Ogoi Taya Boëni	Béré Mandé Mouroum – Touloum	Ouli Bangala, Bam, Timbéri	Doro, Bengoro, Maïbo, Kotongoro	Baïda Baïla, Pala, Zama Gouin	Komé Nassian Béti	Doher, Tchanar, Béri, Bépia	Koutou, Madama Takag Kaga, Bémian, Lolo Mbalkabra, Tilo, LaoII
Niveau de saturation des terroirs	+	++	+	+	++	++	+++	+++
Tradition pastorale	+	-	-	+	+	-	-	-
Importance de la transhumance	+	+++	+	+	+++	+++	++	+++
Taille de l'échantillon	90	90	93	136	105	106	105	133
Exploitants pratiquant une association culturale	18 %	19%	71 %	72%	68 %	81%	67 %	83 %
Associations comportant l'arachide	0 %	53 %	89 %	88 %	52 %	74 %	76 %	85 %
Associations comportant un sorgho ou un mil	60 %	94 %	100 %	98 %	60 %	95 %	96 %	91 %

Dans l'ensemble des zones exondées en permanence (zones de koros et zones de montagne), la pratique de l'association culturale est généralisée : elle concerne plus de 65 % des exploitants agricoles. La place de l'arachide comme plante principale y est toujours dominante. Elle apparaît plus faible dans la zone de Pala que dans les autres zones : ceci est lié à l'importance des associations de type coton / niébé ou maïs / niébé en pays Moundang. Dans les zones inondables, les associations culturales interspécifiques sont faiblement pratiquées et limitées aux :

- zones d'interfaces avec les régions exondées : c'est le cas dans la région de Lai ; l'arachide y est alors, classiquement associée au mil ou au sorgho) ;
- parcelles présentant une topographie particulière associant buttes et zones inondées : c'est le cas dans la zone de Bongor – Djouman, où la principale association pratiquée est celle du sorgho de butte avec un riz dans les terres basses.

³ Hauswirth et Naitormbaide, 2004, Modes de gestion de la fertilité en zone soudanienne du Tchad

⁴ Bouteyre (1965) écrit : "La zone étudiée est donc principalement celle des Koros et des grandes vallées qui les séparent. On appelle Koro une unité géomorphologique et géographique d'abord caractérisée par l'absence d'une nappe d'eau peu profonde. Les puisatiers africains ne peuvent donc pas l'atteindre aisément avec leurs moyens traditionnels. Les Koros représentent les premiers reliefs au sud de la Cuvette Tchadienne quand on quitte les grandes plaines d'inondation. Il s'agit en général de reliefs peu accentués, avec des pentes douces. Ils sont entaillés de vallées sèches bien marquées et peu nombreuses. Les sommets culminent généralement entre 70 et 100 m au-dessus du niveau général. La zone étudiée est donc comprise entre des altitudes allant de 360 m sur le Logone à Lai à 550 m. sur le Koro de Manang, un sommet culminant à 630 m sur un pointement voisin de Begamber. Les Koros portent des sols rouges sableux à sablo argileux en surface, très utilisés à la périphérie et à proximité des villages. Plus on s'avance vers l'intérieur des Koros, plus les puits sont profonds, jusqu'à la limite des possibilités. Parallèlement, les villages sont plus rares, donc les cultures aussi."

Dans tous les cas, le mil ou le sorgho sont dominants, principalement en tant que plantes associées. Il arrive cependant fréquemment qu'ils soient cultivés en tant que plante principale, dans des associations de type :

- sorgho / niébé ou mil / niébé ;
- mil / sorgho ou sorgho / mil ;
- sorgho / sésame ou mil / sésame : dans ce cas, la céréale a essentiellement vocation à diversifier la production dans une parcelle nouvellement mise en culture (seconde année de défriche) ;
- sorgho / oseille, mil / oseille, sorgho / pois de terre ou mil / pois de terre : dans ce cas, la céréale est associée à une ou plusieurs espèces utilisées pour le marquage du foncier.

1.3. Des formes multiples d'associations végétales

A l'échelle de la zone soudanienne, on relève des formes très variées d'associations culturales. Le tableau ci-dessous vise à en proposer une grille de classification synthétique en fonction d'un certain nombre de caractéristiques classiques.

Tableau n°2 : Essai de grille de classification des différentes formes d'associations culturales

Critère de différenciation	Modalités du critère	Exemple d'association culturale en zone soudanienne du Tchad
Nature des espèces végétales associées	Association de plantes cultivées	Arachide / sorgho / niébé / gombo
	Association plante cultivée / arbre	Sorgho / accacia albida Coton / Terminalia
	Association plante cultivée / couvert non cultivé	Sorgho dans un couvert végétal Sésame / sorgho dans une parcelle en 1 ^{ère} année de défriche
Nature des variétés associées	Intra-spécifique annuelles	Mélanges variétaux de riz de cycle court et de cycle long
	Inter-spécifique annuelle	Arachide / sorgho
	Interspécifiques bisannuelles	Arachide / manioc (culture relais)
Simultanéité du semis	Semis simultané	Arachide / sorgho
	Semis décalé	Mil / niébé
Mode de semis	Mélange au semis, semis à la volée	Arachide / sorgho / niébé / gombo, sélection des plants levés a posteriori du semis
	Mélange au semis, semis en ligne	Sorgho rouge / sorgho blanc
Simultanéité de la récolte	Simultané	Coton / niébé (culture échelonnée du coton et du niébé)
	Décalé	Arachide / Sorgho
Type de parcelle	Jardin de case	Bananiers / taro / manioc / riz
	Champ de brousse	Coton / niébé
Organisation spatiale de l'association végétale	Association centre / périphérie	Marquage de la périphérie parcellaire par l'implantation d'oseille ou de pois de terre
	Selon la topographie	Riz / sorgho (buttes / parties inondées) Riz / taro (billons, iner-billons)
	Alternés – interlignes	Arachide / sorgho
	Inter- poquets	Sorgho / niébé (remplacement des poquets de sorghos non levés par du niébé 45 jours après semis)
	Non organisé	Arachide / sorgho / niébé / gombo, sélection des plants levés a posteriori du semis

L'importance des associations de type arachide / céréale n'exclue pas -bien au contraire- une très forte variabilité des associations interspécifiques pratiquées localement.

Cette variabilité est caractérisée et quantifiée dans le tableau n° 3 page suivante.

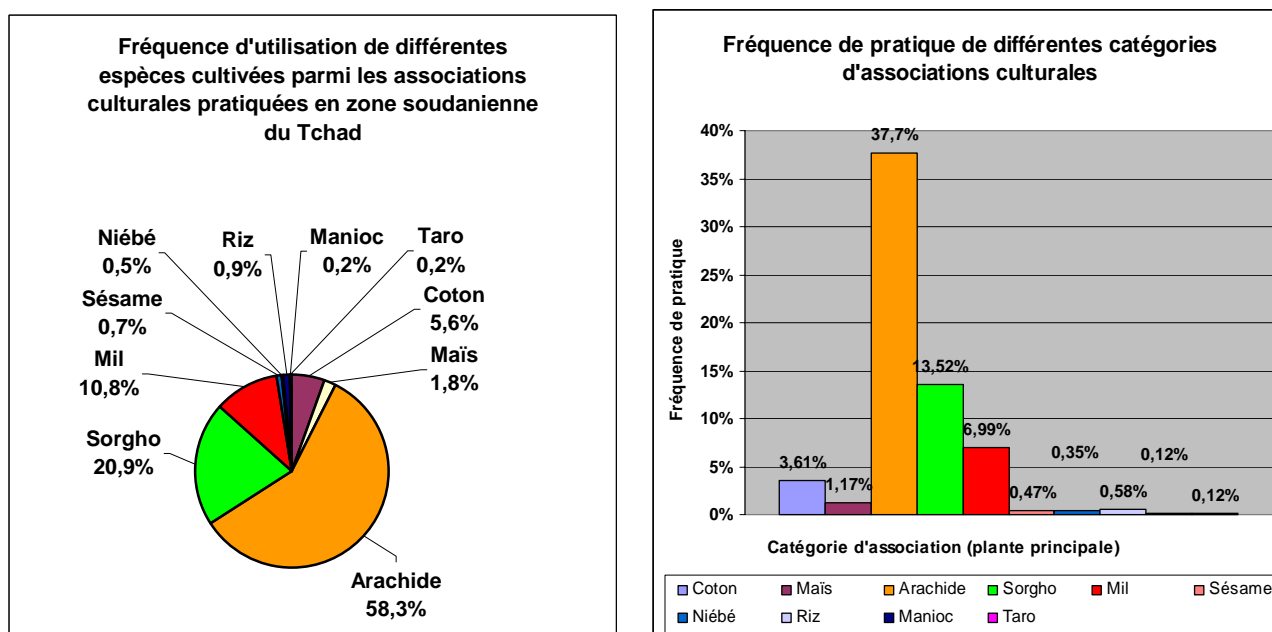
Tableau n°3 : Diversité des associations culturales interspécifiques annuelles pratiquées en zone soudanienne du Tchad

Plante principale	Type d'association	Occurrence pour 858 enquêtes	Variantes
Arachide (323)	Arachide / mil	102	Arachide / mil (92)
			Arachide / mil / sorgho (8)
			Arachide / mil / niébé (2)
	Arachide / sorgho	197	Arachide / sorgho (178)
			Arachide / sorgho / mil (6)
			Arachide / sorgho / niébé (12)
			Arachide / sorgho / niébé / gombo (1)
			Arachide / berbéré (PM)
	Arachide / manioc	2	Arachide / manioc (2)
	Arachide / niébé	21	Arachide / niébé (15)
			Arachide / niébé / sésame (3)
			Arachide / niébé / gombo (3)
Sorgho (116)	Sorgho / mil	15	Sorgho / mil / arachide (pm)
			Sorgho / mil (15)
	Sorgho / niébé	27	Sorgho / niébé (21)
			Sorgho / niébé / oseille (1)
			Sorgho / niébé / courge (5)
	Sorgho / maïs	2	Sorgho / maïs (2)
	Sorgho / concombre	1	Sorgho / concombre (1)
	Sorgho / gombo	1	Sorgho / gombo (1)
	Sorgho / pois de terre	2	Sorgho / pois de terre (2)
	Sorgho / riz	2	Sorgho / riz (2)
	Sorgho / sesame	1	Sorgho / sesame (1)
	Sorgho / arachide	63	Sorgho / arachide (61)
			Sorgho / arachide / niébé (2)
	Sorgho / Eleusine	1	Sorgho / élusine (1)
Mil (60)	Mil / arachide	39	Sorgho / oseille (pm)
			Sorgho / oseille / gombo (1)
			Sorgho / riz (pm)
	Mil / oseille	1	Mil / arachide (37)
			Mil / arachide / courge / concombre (1)
			Mil / arachide / niébé (1)
	Mil / Maïs	2	Mil / oseille / gombo (1)
			Mil / oseille (pm)
	Mil / courge	2	Mil / Maïs (2)
			Mil / courge (2)
Coton (31)	Mil / niébé	16	Mil / niébé (15)
			Mil / niébé / courge (1)
			Mil / sorgho (pm)
	Mil / sorgho	PM	Mil / sorgho / arachide (pm)
			Coton / Mil (PM)
			Coton / Mil / gombo (1)
	Coton / Sorgho	3	Coton / Sorgho (3)
	Coton / arachide	1	Coton / arachide (1)
Maïs (10)	Coton / Niébé	26	Coton / Niébé (26)
			Maïs / Mil (PM)
	Maïs / Mil	1	Maïs / Mil / Niébé (1)
			Maïs / arachide (1)
	Maïs / sorgho	1	Maïs / sorgho (1)
	Maïs / niébé	7	Maïs / niébé (7)
Riz (5)	Maïs / riz	pm	Maïs / riz (pm)
	Riz / maïs	1	Riz / maïs (1)
	Riz / sorgho	4	Riz / sorgho (4)
Sésame (4)	Sésame / sorgho	1	Sésame / sorgho (1)
	Sésame / mil	1	Sésame / mil (1)
	Sésame / oseille	1	Sésame / oseille (1)
	Sésame / niébé	1	Sésame / niébé (1)
Niébé (3)	Niébé/sésame	1	Niébé / sésame (1)
	Niébé / sorgho	1	Niébé / sorgho (1)
	Niébé / gombo	1	Niébé / gombo / oseille (1)
			Niébé / gombo (pm)
Manioc (1)	Manioc / sorgho	1	Manioc / sorgho (1)
Taro (1)	Taro / oseille / gombo	1	Taro / oseille (pm)
			Taro / oseille / gombo (1)

Les figures 1 et 2 ci-dessous s'intéressent à la traduction de ces données :

- d'une part en terme de fréquence d'utilisation de différentes espèces principales parmi les associations pratiquées ;
- d'autre part en terme de fréquence de pratique de différentes catégories d'associations culturelles.

Figure 1 et 2 : répartition des catégories d'associations pratiquées et fréquence de pratique de différentes catégories d'associations.



1.4. Des pratiques de cultures transcendant les situations individuelles et collectives

A l'exception du facteur "inondabilité temporaire des terres", il n'a pas été observé une répartition spatiale claire des pratiques d'associations culturelles interspécifiques à l'échelle de la zone soudanienne. On aurait notamment pu s'attendre à ce que les pratiques d'associations soient d'autant plus fréquemment opérées que l'on se situe dans des contextes où la pression foncière va croissant. C'est le contraire qui se passe :

- d'une part, 133 enquêtes réalisées autour de la ville de Moundou ont montré que la pratique de l'association végétale est d'autant plus fréquente que l'on se situe loin du tissu urbain (cf. tableau n°4 ci-dessous)
- d'autre part, ce ne sont pas dans les zones encore considérée comme zones d'accueil que l'on retrouvent les taux de pratique des associations culturelles interspécifiques les plus bas.

Tableau n° 4 : Proportion d'exploitants pratiquant la culture associée selon la distance à la ville Moundou (133 enquêtes)

	Proportion d'exploitants pratiquant une association végétale
Zone urbaine (0 - 7 km)	64%
Zone périurbaine (7 - 20 km)	84%
Zone rurale (>20 km)	90%

En zone soudanienne du Tchad, la culture associée apparaît très fréquemment pratiquée :

- au sein de contextes agraires locaux variables ;
- par des chefs d'exploitation dont les outils de production sont marqués par d'importants différentiels du point de vue de l'accès aux facteurs de production.

Il peut donc être fait l'hypothèse que ces pratiques permettent :

- d'une part de répondre à des contraintes transversales de la zone étudiée ;
- d'autre part d'atteindre des objectifs de production propres et de lever des contraintes spécifiques.

L'objectif de la seconde partie consiste à vérifier cette hypothèse en analysant l'adéquation entre différentes associations culturelles et des contraintes de production transversales ou spécifiques.

II. Des pratiques s'expliquant par leur capacité à atteindre des objectifs propres ou à lever des contraintes agronomiques spécifiques

2.1. Des contraintes de production transversales à l'ensemble de la zone soudanienne.

Malgré la diversité des situations agraires, plusieurs caractéristiques et contraintes de production agricole communes à la zone soudanienne du Tchad peuvent au préalable être rappelées :

- Sur le plan climatique tout d'abord, la faible durée de la saison des pluies ne permet pas⁵ la conduite de successions culturales annuelles. Celle-ci est également caractérisée par un fort aléa d'installation des pluies, le reste du cycle étant plus prévisible (Arrivets et Rollin, 2002) ;
- L'accès aux intrants est caractérisé par une faible disponibilité (faible choix, vente destinée à des cultures spécifiques : coton, riz, tabac, canne à sucre) et par une faible accessibilité (prix élevé, éloignement des lieux d'approvisionnement). Ceci a notamment pour conséquences un faible niveau d'expression des potentialités culturales ainsi qu'un fort aléa de rendement.
- La productivité du travail demeure d'un niveau très bas compte tenu du faible niveau de mécanisation des exploitations agricoles. Bien qu'elle se soit fortement développée avec la diffusion d'un paquet technique lié à la production cotonnière, la traction animale demeure inaccessible pour certaines exploitations. Les coûts de déplacement (du lieu d'habitation vers le lieu de culture) et l'importance de certains temps de travaux (sarclage, récolte) apparaissent dans la plupart des exploitations comme des contraintes majeures de production.
- Dans ce contexte, la gestion de la soudure alimentaire revêt une importance majeure pour les exploitants agricoles. Les choix d'exploitation sont d'abord et principalement opérés selon une logique court terme marquée par la préoccupation alimentaire annuelle.
- D'autres contraintes de production s'ajoutent en fonction des contextes locaux : saturation de certains terroirs et dégradation de la fertilité, inondation temporaire de certaines zones, fort enclavement, difficultés d'affouragement et d'abreuvement des animaux, etc.

2.2. La multiplicité des réponses apportées par la pratique de la culture associée

Les associations végétales qui sont opérées permettent d'apporter certaines réponses à différents éléments de contexte ainsi décrits :

- ***Sécurisation de la production alimentaire***

La plupart des associations culturales pratiquées répondent avant tout à un impératif de sécurisation de la production alimentaire par la réduction de l'aléa de production imputable à la variabilité des facteurs du milieu. Elles constituent de ce fait une véritable forme "d'assurance récolte" pour le chef d'exploitation.

- ***Stade sensibles et sensibilités spécifiques***

Dans cette perspective, le semis de mélanges variétaux en production arachidière (mélange de variétés précoces et de variétés tardives) comme en production rizicole (variétés de cycle court et variétés de cycle long), permet d'abord, de disposer, pour la même espèce de plants :

- aux stades sensibles décalés ;
- aux sensibilités variées à différents facteurs du milieu : en production rizicole, elle permet en particulier de minimiser les risques liés à l'aléa d'inondation (date d'arrivée variable, excès ou absence d'eau fréquent).

⁵ sauf infrastructure spécifique ou systèmes particuliers de type riz / sorgho de décrue en zone inondable

D'une façon similaire, les associations interspécifiques permettent d'emblaver, au sein de la même parcelle, des cultivars aux sensibilités et stades sensibles différenciés. Les associations arachide / sorgho ou arachide / mil permettent ainsi de gérer le risque bioclimatique : les sorghos traditionnels résistent bien au manque temporaire d'eau, tandis que les arachides ne sont pas sensibles au *striga hermontica*⁶.

➤ *Synergies de développement*

Par ailleurs, certaines formes de synergies ont pu être observées dans des associations liant une plante de cycle court avec une plante de cycle long. Dans l'association maïs / sorgho par exemple, une forme de régulation physiologique s'opère : la croissance du sorgho est ralentie durant la période où le maïs est photosynthétiquement actif. Le sorgho se développe ensuite à la même vitesse que s'il était cultivé en culture pure.

➤ *Réduction de l'aléa lié à la lutte contre les ravageurs*

Bien que les situations soient très variables en fonction de la nature des plantes et des parasites considérés, on observe généralement que les parcelles conduites en association sont moins sujettes à des attaques généralisées par des parasites (à l'exception d'insectes non spécialisés comme les criquets). L'association maïs-niébé permet par exemple de lutter à la fois contre la progression des charançons du niébé et des borers du maïs.

• ***Gestion de la soudure et étalement des périodes de consommation.***

Certaines associations végétales permettent de réduire au maximum la période de soudure à travers la récolte précoce d'un produit intermédiaire. A titre d'exemple, l'association maïs-courge, implantée tôt sur sols riches (sur cendres de brûlis ou sous de grands arbres brûlés en 1^{ère} défriche), permet de réaliser une récolte de courge dès le mois de juillet tandis que la récolte du maïs s'opérera en août ou septembre. Ceci est aussi valable pour des associations multiples de type mil + sorgho + concombre + arachide + gombo : dans ce cas, le concombre est consommé dès les premiers sarclages réalisés sur l'association. Un troisième exemple est celui des associations de type arachide / céréale : l'arachide est alors grillée et consommée avant la récolte de la céréale.

• ***Diversification des produits***

Les associations de type sorgho + niébé ou mil + niébé sont souvent pratiquées pour diversifier les produits : les grains peuvent servir à la consommation humaine tandis que les fanes sont récoltées pour l'alimentation des animaux de l'exploitation ou la constitution de réserves fourragères commercialisables. Par ailleurs, le niébé assure une excellente couverture du sol et le protège de l'érosion hydrique liée aux eaux de ruissellement. L'implantation de cette association est réalisée en décalage de semis : le mil ou le sorgho sont implantés par semis direct dès que les conditions le permettent ; le niébé est ensuite semé après un sarclage, 30 à 60 jours après le semis de la céréale, dans les endroits non levés, sur les lignes comme entre les lignes. Les associations multiples (mil + sorgho + concombre + arachide + gombo par exemple), souvent réalisées au sein des jardins de case, relèvent également d'une logique de diversification alimentaire.

⁶ Des semis très précoces⁶ de vivrier (céréale ou arachide) sont généralement réalisés pour :

- réduire au maximum la période de soudure alimentaire ;
- réduire l'aléa climatique en répartissant les stocks de semences sur plusieurs périodes de semis (si les pluies ne s'installent pas ou si la levée n'est pas satisfaisante, une certaine quantité de semences restant en stock permet de réaliser plusieurs re-semis).
- « gagner du temps » sur l'inondation et l'enherbement parcellaire (ceci permet d'assurer une croissance de la plante cultivée la plus rapide possible pour diminuer le nombre de sarclage...)

- ***Gestion du travail sur l'exploitation agricole et réduction de sa pénibilité***

La plupart des associations végétales pratiquées permettent d'optimiser la gestion du travail en alliant l'intensification de sa productivité et l'étalement des chantiers.

➤ *Contournement de l'absence de disponibilité en travail du sol*

Le semis avant labour d'associations vivrières permet de contourner l'absence de disponibilité en traction animale : les vivriers sont alors semés à la volée après les premières pluies, à fortes densités, directement dans le couvert existant. Ceci permet au vivrier de profiter du maintien de l'humidité sous le couvert. Le premier sarclage est alors réalisé de façon précoce. Cette pratique autrefois courante s'est aujourd'hui raréfiée avec le développement du labour. Dans la plupart des cas, un labour léger est fait après la levée. Il correspond à un sarclage précoce permettant d'éliminer les plants qui sont sur l'interligne. Parfois, ce labour est fait aussitôt après le semis pour éviter d'exposer les graines aux prédateurs (oiseaux granivores, rats, etc.)

➤ *Optimisation de la gestion de l'enherbement*

Le désherbage manuel représentant de 40 à 70 % du temps de travail en fonction des cultures (opérations post-récolte non comprises) (Okikbo, 1987, Marnotte, 1999, Mayer, 1976). Il constitue à ce titre l'un des principaux facteurs limitants de la production agricole. La conduite d'associations végétales permet d'assurer un contrôle relatif de l'enherbement sur la parcelle par 4 effets se conjuguant éventuellement :

- La couverture du sol par la plante associée induit un double effet d'abaissement de la température du sol et d'ombrage qui défavorise la germination des adventices ;
- L'enrichissement du sol en azote par les légumineuses associées est défavorable au développement de certaines adventices ;
- Certaines plantes associées développent un effet allélopathique encore peu connu ;
- Certaines espèces associées, telles que l'arachide ou le cotonnier, jouent un rôle de culture piège : elles induisent la germination du *striga hermontica* sans lui permettre de se fixer sur leurs racines.

➤ *Etalement des opérations de récolte*

La conduite de mélanges variétaux ou d'associations culturales interspécifiques permet d'étaler les opérations de récolte, à un moment où la main d'œuvre est faiblement disponible. Ceci permet également de faciliter la gestion des produits finaux (séchage, vannage, conditionnement, stockage,...).

➤ *Réduction de la pénibilité du travail*

La conduite de céréales associées à l'arachide permet de profiter de l'ombre du vivrier à la récolte de l'arachide, ce qui en réduit ainsi la pénibilité. Plus généralement, la culture associée permet de réduire la pénibilité du sarclage (moindre enherbement) et du travail du sol (effet restructurant de certaines couvertures sur des sols compactés sous l'effet conjugué d'un labour biologique par les racines et de la décomposition des résidus).

➤ *Minimisation des coûts de transport et de surveillance.*

La conduite de plusieurs espèces au sein de la même parcelle offre la possibilité de minimiser les coûts de transport -d'autant plus importants en l'absence de traction animale- et/ou de surveillance. Ceci est particulièrement marquant dans des contextes de forte disponibilité en foncier, lorsque l'exploitant réalise une ou plusieurs associations végétales alors qu'il a la possibilité de mettre en culture plusieurs parcelles. D'une façon plus générale, la conduite d'une association végétale correspond à une intensification de la productivité du travail sur une parcelle.

➤ *Gain de temps sur l'implantation d'une culture suivante*

Les associations de type culture-relais permettent de gagner du temps pour l'implantation d'une succession culturale. (La faible durée de la saison des pluies ne permet généralement pas de conduire 2 cycles successifs). C'est par exemple le cas des associations de type arachide / manioc. Ce dernier est alors implanté dans le couvert d'arachide au moment du dernier sarclage.. Les successions de type riz / berbére relèvent également de cette logique. En pays Massa, à la culture de riz (éventuellement associée à une implantation de sorgho sur les monticules exondés présents dans les parcelles) succède au cours de la même année culturale un sorgho de décrue. Repiqués au fur et à mesure de la décrue, les plants de sorgho (vraisemblablement photopériodiques) proviennent de la même pépinière. Ils arrivent donc à maturité au même moment, ce qui permet de conduire une récolte simultanée malgré une implantation échelonnée. D'une façon plus générale, l'intérêt d'une association culturale réside souvent dans la possibilité qu'elle offre de profiter d'un travail culturel sur la plante principale pour exécuter un autre travail sur la plante associée : dans les associations de type mil / niébé, le 1^{er} sarclage de la céréale est ainsi l'occasion de réaliser le semis du niébé.

• ***Protection contre l'aléa climatique***

Compte tenu de la couverture du sol qu'elles assurent, la plupart des associations végétales offrent une certaine protection contre l'aléa climatique :

- la présence d'un couvert garantit un maintien de l'humidité parcellaire en cas d'épisodes prolongés de sécheresse. Ceci est particulièrement important pour des associations de type coton / niébé ;
- il réduit également les risques de ruissellement, donc d'érosion hydrique ou éolienne ;
- la conduite d'associations multiétagées permet de protéger du vent les cultures les plus basses.

• ***Optimisation de la gestion des fumures et des intrants***

➤ *Effet court terme*

Certaines associations végétales offrent la possibilité d'optimiser la gestion des intrants et des fumures. C'est en particulier le cas des associations de type coton / niébé, qui permettent au niébé de profiter directement des apports d'engrais et des traitements insecticides⁷ réalisés sur la parcelle. C'est également le cas pour les associations à base de maïs : lorsque ce dernier fait l'objet d'une fertilisation, la plante associée en profite également.

➤ *Effet cumulatif à long terme*

Une partie de l'intérêt de certaines associations culturales réside dans un effet cumulatif à long terme : par comparaison avec une culture pure, la conduite de cultures associées permet un amoindrissement de la dégradation physique, chimique ou biologique des sols cultivés.

• ***Synergie dans la gestion de la fertilité***

L'association arachide / sorgho constitue un bon exemple de synergie dans la gestion de la fertilité. Le semis du sorgho est en général réalisé à la volée avant le labour. L'arachide est semée le même jour, dans les sillons du labour, les allers-retours de la charrue dans la parcelle permettant l'enfouissement des graines. L'arachide est grillée et consommée avant la récolte du sorgho. Ses fanes sont abandonnées au champ. Leur décomposition permet une restitution d'éléments minéraux au sol tout en maintenant l'humidité parcellaire. Enfin, l'arachide est une légumineuse riche en azote. Ces synergies peuvent également s'observer dans des

⁷ les niébés locaux sont souvent fortement sensibles aux ravageurs

associations de type maïs + sorgho ou maïs + mil : le maïs se récolte en août / septembre. Les chaumes sont couchés, permettant de protéger le sol des dernières pluies, d'assurer un maintien de l'humidité du sol (effet paillage) et d'enrichir le sol en matière organique par décomposition. De façon plus générale, il est fréquent d'expliquer le bénéfice d'une association par le choix d'espèces dont les racines explorent des volumes de sol différents : les herbacées à enracinement fasciculé (céréale, bananier) explorent les volumes les plus superficiels du sol; les herbacées à enracinement pivotant (haricot, niébé, cotonnier) utilisent un volume situé un peu plus bas; les espèces ligneuses pérennes explorent les couches profondes du sol. (Fovet-Rabot C., Wybrecht B., 2001). Enfin, lorsque l'une des espèces associées fixe l'azote atmosphérique, ceci profite également à l'autre espèce.

- ***Gestion de l'espace et marquage du foncier***

Dans des contextes de forte pression sur le foncier, les associations culturales correspondent à une intensification de la production parcellaire par optimisation de la gestion de l'espace. Dans les zones inondables saturées par exemple, les associations à base de riz visent à occuper tout l'espace parcellaire. Le sorgho est implanté par semis direct sans labour sur des zones exondées (termitières par exemple). Le riz est semé en ligne après un labour, les traces de pieds dans le sillon servant de poquet. Le 1^{er} sarclage a lieu après la levée, éventuellement avec un apport minéral complémentaire. Un 2^{ème} sarclage a lieu si la culture n'est pas inondée. Si l'eau recouvre la parcelle, un désherbage et le piétinement des adventices permettent d'en retarder le développement.

Les associations peuvent suivre la topographie naturelle, mais aussi se pratiquer dans les parcelles où la topographie est la résultante d'un aménagement voulu : c'est par exemple le cas des associations de type taro / riz : en pays Kim, le taro vient systématiquement en tête d'assolement pendant une à deux années, généralement seul, plus rarement associé à un riz repiqué entre les billons. Occupant des terres à potentialité rizicole, le taro est implanté sur des billons réalisés en 2 temps : un pré-billonnage est réalisé à la pelle ou la charrue avec incorporation de pailles d'andropogon et de fumier. Le billon est ensuite brûlé, puis renforcé avant le semis. Dans le cas d'associations, le taro est implanté sur le billon, le riz dans l'interbillons.

Sur un autre plan, la pratique des associations de type périphérique (sorgho / arachide + pois de terre ou oseille en périphérie des lignes de semis) correspond à une stratégie de marquage du foncier semé.

- ***Test parcellaire***

Dans des contextes de fortes disponibilités en foncier, certaines associations végétales multispécifiques (par exemple : arachide + sorgho + courge + niébé + concombre ou encore sésame + sorgho + concombre) sont implantées pour "tester" une parcelle après défriche. Dans ce cas, le semis est réalisé à la volée en mélangeant l'ensemble des espèces. Le choix des cultures à privilégier se fait alors après les semis en fonction de la qualité des levées et du niveau d'enherbement.

2.3. Un équilibre fragile

Nous l'avons vu, la généralisation de la culture associée en zone soudanienne du Tchad s'explique notamment par les réponses qu'apportent les pratiques d'association à différentes contraintes de production transversales, locales ou spécifiques. D'un point de vue agronomique, il importe toutefois de remarquer que l'équilibre que constitue les différentes associations végétales pratiquées est à la fois complexe et fragile:

- la modification de la fertilisation d'une association végétale peut favoriser la croissance d'une espèce au détriment de l'autre ;
- les densités de semis employées conditionnent le rendement final, elles peuvent inverser les rôles de la plante principale et de la plante associée ;
- le sens de semis a des conséquences importantes sur l'activité photosynthétique et la gestion de l'énergie lumineuse ;
- le choix des cultivars employés conditionne la réussite de l'association culturale ;
- le choix des dates d'implantation modifie les relations de concurrence entre les différentes plantes de l'association

Ceci n'est évidemment pas sans conséquence pour l'opérateur de développement cherchant à agir sur des systèmes de production fondées sur des associations.

Nous venons de nous intéresser à l'intérêt agronomique de la culture associée. Qu'en est-il sur le plan économique ?

III. Evaluation de l'intérêt économique de quelques associations végétales

3.1. Evaluation macroéconomique

A l'échelle de la zone soudanienne du Tchad, les surfaces emblavées pour l'année 2001 en arachide, mil et sorgho, sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau n°5 : Surfaces emblavées en arachide, mil et sorgho en zone soudanienne du Tchad pour l'année 2001 (données ONDR)

Type et mode de culture	Surface (ha)
Arachide cultivée en pur	123 980
Sorgho cultivé en pur	288 623
Mil cultivé en pur	117 606
Arachide cultivée avec le sorgho	151 019
Arachide cultivée avec le mil	46 930
Sorgho associée avec le mil	37 142
Total des emblavements en sorgho, mil et arachide	765 300

Les moyennes et écarts-types de rendement pour chacune de ces productions entre 1991 et 2001 sont par ailleurs reportées dans le tableau ci-dessous

Tableau n°6 : Rendements et écart-types moyens en production d'arachide, mil et sorgho à l'échelle de la zone soudanienne du Tchad de 1991 à 2001 (données ONDR)

	Arachide	Sorgho	Mil
Moyenne des rendements (kg / ha)	837	667	607
Ecart-type de rendement (kg/ha)	51	60	72

La méthode des surfaces équivalentes relatives permet d'évaluer la quantité de terres qu'il aurait été nécessaire d'emblaver en culture pure pour obtenir la même production que celles obtenues en culture pure et culture associée. Nous l'avons appliqué à un échantillonnage de 1062 parcelles représentant 3 288 cordes⁸ emblavées en 2003 par 858 exploitants agricoles situés dans l'ensemble de la zone soudanienne du Tchad.

⁸ Une corde coloniale représente un carré de 71 m de côté, soit plus ou moins 5 000 m². Cette équivalence a été utilisée pour le calcul, bien que les surfaces réelles des parcelles se révèlent très différentes localement. La surface représentée par une corde varie en effet selon le lieu (8 000 m² à Moundou contre 5 000 m² à Mbaïbokoum) et la culture ; une corde d'arachide représente en général une surface plus importante qu'une corde cotonnière

Tableau n°7 : Surfaces équivalentes relatives en production d'arachide, mil et sorgho

Type de culture	Rendement sur l'échantillon (kg/ha)	Surfaces équivalentes relatives
Arachide pure	884	SER arachide = 0.94
Arachide associée	829	
Sorgho pur	615	SER sorgho = 0.60
Sorgho associé	364	
Mil pur	352	SER mil = 0.43
Mil associé	152	

Plusieurs remarques relatives aux rendements moyens trouvés sur l'échantillon peuvent être faites :

- A l'exception du mil, les rendements obtenus sur l'échantillon 2003 apparaissent bien corrélés aux données de rendement issues de l'ONDR ;
- les rendements obtenus en production arachidière apparaissent peu différents en culture pure et en culture associée : ceci est lié au fait que l'arachide est le plus souvent privilégiée comme culture principale dans les associations de type arachide / céréale ;
- les rendements très bas obtenus pour le mil en culture associée s'expliquent par le fait qu'au sein de l'échantillon, les associations à base de mil sont le plus souvent multi-spécifiques (arachide + sorgho + mil) ;
- Enfin, on observe sur l'échantillon une sur-représentation de producteurs ayant implanté un mil en 2003 sans le récolter ; ceci explique les valeurs basses de rendement en culture pure de mil pénicillaire.

En appliquant les valeurs de surface équivalente relative aux surfaces emblavées en 2003, on obtient le tableau suivant :

Tableau n°8 : Evaluation des surfaces équivalentes relatives en culture pure pour l'année 2001 à l'échelle de la zone soudanienne du Tchad

	Surfaces emblavées en 2001	Equivalent arachide	Equivalent sorgho	Equivalent mil	SER pur
arachide cultivées en pur	123 980	123 980			123 980
sorgho cultivé en pur	288 623		288 623		288 623
mil cultivé en pur	117 606			117 606	117 606
arachide + sorgho	151 019	141 957	90 611		232 568
arachide + mil	46 930	44 114		20 179	64 293
Sorgho + mil	37 142		22 285	15 971	38 256
Total superficie cultivées arachide + mil + sorgho	765 300				865 326

A l'échelle de la zone soudanienne, il aurait donc fallu planter 865 326 ha de culture pure en 2001 pour obtenir la même production que celle obtenue sur les 765 300 ha réellement emblavés en arachide, mil ou sorgho.

Il ne s'agit bien sûr que d'une estimation entachée de biais d'échantillonnage. Cette estimation a toutefois le mérite de montrer d'un point de vue macro-économique l'importance du phénomène d'association végétale dans la zone : il représente l'équivalent de 100 000 ha pour les seules cultures d'arachide, mil et sorgho.

3.2. Evaluation à l'échelle des exploitations agricoles

Une estimation comparative des marges brutes hectares obtenues en production d'arachide précoce (emblavée en culture pure ou en association) a été réalisée dans la région de Moundou. Celles-ci sont calculées pour des systèmes de production caractérisées par :

- l'externalisation des coûts de semence, semis, labour, sarclage, arrachage de l'arachide récolte du sorgho, décorticage et mise en sac pour la vente ;
- l'internalisation des coûts de récolte de l'arachide après arrachage et de préparation du sorgho.

Les données suivantes ont été utilisées :

- Poids d'arachide décortiquée = 1/3 poids d'arachide coque
- Sac de 80 kg d'arachide décortiquée : 15 000 F CFA
- Sac de 80 kg de sorgho grain : 10 000 F CFA
- Poids d'arachide décortiquée = 1/3 poids d'arachide coque
- Valeur de la corde dans la zone de Moundou : 8 000 m²
- Nombre de personnes jours / corde pour l'arrachage de l'arachide (=2^{ème} sarclage du sorgho) : 10 (à 15)
- Prix de la journée de travail agricole : 500 F CFA
- Prix du sac vide : 300 F CFA
- Prix du décorticage : 1 000 F CFA / sac décortiqué

Tableau n°8 : Estimation comparative des marges brutes hectares en production d'arachide pure ou associée

Produits	Système arachide pure	Système arachide / sorgho
Production moyenne d'arachide coque (kg/corde)	704	663
Production moyenne de sorgho grain (kg/corde)	0	291
Valeur brute de la production d'arachide (F CFA)	43 599	41 451
Valeur brute de la production de sorgho (F CFA)	0	36 400
Valeur brute totale de la production (F CFA / corde)	43 599	77 851
Charges	Système arachide pure	Système arachide / sorgho
Labour (prix / corde)	7 500	7 500
Quantité de semence d'arachide (kg coque / corde)	40 (à 50)	40 (à 50)
Quantité de semence de sorgho (kg / corde)	0	4
Valeur des semences (F CFA / corde)	1 625	2 125
Semis (F CFA / corde)	1 500	1 500
1^{er} sarclage (travail en F CFA / corde)	10 000	10 000
Arrachage = 2^{ème} sarclage sorgho) (F CFA / corde)	5 000	5 000
Récolte sorgho (3 personnes jours)	0	1 500
Décorticage arachide	3 000	3 000
Nombre de sacs pour le conditionnement	9	13
Prix des sacs	2 700	3 900
Total charges	31 325	34 525
Marge brute	Système arachide pure	Système arachide / sorgho
Marge brute (F CFA / corde)	12 274	43 326
Marge brute (F CFA / ha)	15 343	54 158

Avec l'externalisation de la plupart des coûts, la marge brute par hectare obtenue en culture associée est près de 4 fois supérieure à la marge brute obtenue en culture pure.

Les résultats de ce calcul posent la question de la nature des exploitants ne réalisant pas la culture associée. Pour y répondre, une analyse comparative de 571 producteurs d'arachide a été réalisée à partir des données de l'enquête précédemment citée.

Du point de vue de la structure d'exploitation, il n'a pas pu être observé de différences significatives entre les producteurs d'arachide associée et ceux qui l'emblavent en culture pure.

Toutefois, un certain nombre d'entretiens qualitatifs complémentaires ont permis d'identifier deux facteurs pouvant jouer sur l'adoption d'une culture pure plutôt que d'une culture associée. Ces facteurs sont :

- d'une part, la vocation dévolue à la culture d'arachide : celle-ci bénéficie en effet d'une double vocation de culture vivrière et de culture de rente hautement spéculative⁹. Lorsque la vocation vivrière est privilégiée, c'est en général la culture associée avec une arachide précoce (consommable le plus rapidement possible) qui est choisie, celle-ci ayant par ailleurs l'intérêt d'une diversification alimentaire. Au contraire, lorsque l'arachide est cultivée pour la vente en surplus de la production alimentaire, c'est la productivité qu'offre une arachide pure de cycle long qui est favorisée ;
- d'autre part, les degrés de saturation et de dégradation du foncier : Plus le terroir est saturé, plus les terres sont dégradées, plus un exploitant a intérêt à emblaver une association pour diminuer l'aléa de production et/ou intensifier la production parcellaire. Au contraire, lorsque la disponibilité et l'accessibilité au foncier ne constituent pas un facteur limitant, l'exploitant a intérêt à privilégier la productivité d'une culture pure tant que sa capacité de mobilisation en travail le permet. Bien que les variations individuelles soient importantes, on trouve ainsi dans les zones d'accueil une implantation plus fréquente d'arachide en culture pure chez les producteurs monoactifs prestataires de service.

IV. Potentialités et contraintes propres aux pratiques d'associations pour le développement de systèmes à base de semis direct sous couvert végétal

4.1. Présentation des systèmes à base de SCV

4.1.1. Définition

Par opposition aux systèmes de cultures traditionnels qui laissent le sol nu une partie de l'année, les systèmes de semis direct sous couvert végétal sont basés sur la conduite de cultures dans une couverture permanente du sol constituée de biomasse végétale vivante (plante de couverture) ou morte (paillage)¹⁰. Issue du Brésil, la technique de culture employée à cet effet est la suivante : sans travail du sol préalable, il s'agit d'implanter une culture par semis direct¹¹ dans une couverture végétale ; celle-ci ayant été implantée volontairement au préalable. Conçus comme des systèmes « tournants », les systèmes à base de semis direct sous couvert végétal correspondent à une intensification de la productivité parcellaire basée sur l'accroissement de la durée de couverture du sol, la couverture étant conçue pour apporter à l'exploitant une valorisation connexe (alimentation animale, alimentation humaine, amélioration de la fertilité, etc.).

⁹ très fortes variations de prix intra- et inter-annuelles

¹⁰ Pour plus de précisions, le lecteur pourra se reporter au document suivant : SEGUY L., BOUZINAC S., MARONEZZI A. C., 2001, un dossier du semis direct : systèmes de culture et dynamique de la matière organique

¹¹ Le semis est réalisé par ouverture du « mulch » végétal

4.1.2. Exemples de SCV

A titre illustratif, les tableaux n°9 et 10 ci-dessous schématisent comment deux systèmes traditionnels en zone soudanienne du Tchad pourraient être optimisés dans le cadre d'une alternative basée sur l'emploi de semis direct sous couvert végétal.

Tableau n°9 : schéma d'amélioration SCV de la succession bisannuelle sorgho/coton

Année	Période	Système traditionnel	Système SCV
1	Mai Juin	Brûlis des pailles Labour ou houage Semis du sorgho	Semis direct du sorgho en association avec une graminée fourragère (<i>brachiaria ruziensis</i>)
	Octobre Novembre	Récolte du sorgho Exportation d'une partie des pailles Brûlis précoce éventuel	Récolte du sorgho. Couchage des pailles. Poursuite du développement de la graminée fourragère
2	Février – mars	Sol nu Présence éparse de résidus de récolte	Sol couvert d'une épaisse biomasse végétale encore verte. Pâturage.
	Mai – juin	Brûlis des résidus de récolte et repousses d'adventices Labour à la charrue Semis du coton	Paillage de la parcelle à l'aide de la biomasse résiduelle de <i>brachiaria ruziensis</i> . Contrôle des repousse et semis direct du coton sans brûlis ni travail du sol. Installation du niébé en décalé (45 à 60 JAS du coton)
	Octobre Novembre	Récolte du coton et brûlis des tiges	Récolte du coton Développement du niébé
3	Février mars	Sol nu	Sol couvert d'une biomasse végétale (résidus de paillage, résidus de niébé) Pâturage des parcelles
		Etc.	Etc.

Tableau n°10 : schéma d'amélioration SCV de la succession bisannuelle riz pluvial – sorgho repiqué / maïs

Année	Période	Système traditionnel	Système SCV
1	Mai Juin	Brûlis des pailles Labour ou houage Semis du riz	Semis direct du riz sans brûlis en association avec une arachide précoce implantée de façon décalée (45 jours après le semis du riz)
	Octobre Novembre	Récolte du riz Exportation d'une partie des pailles Installation du Béré-Béré par repiquage	Récolte du riz. Récolte décalée de l'arachide. Installation du Béré-Béré par repiquage dans la biomasse résiduelle, (tiges de riz, fanes d'arachide) en association avec un <i>brachiaria ruziensis</i> implanté par éclats de souches
2	Février – mars	Récolte du Béré-Béré Présence éparse de résidus de récolte	Récolte du Béré-Béré. Sol couvert d'une épaisse biomasse végétale encore verte Pâturage de la parcelle
	Mai - juin	Brûlis des résidus de récolte et repousses d'adventices Labour à la charrue Semis du maïs	Paillage de la parcelle à l'aide des tiges de Béré-Béré et de la biomasse résiduelle de <i>brachiaria ruziensis</i> Contrôle des repousse et semis direct du maïs sans brûlis ni travail du sol Installation décalée d'un mucuna décalé (45 à 60 jours après le semis du coton)
	Septembre octobre	Récolte du maïs	Récolte du maïs. Couchage de pailles Poursuite du développement du mucuna
3	Février mars	Sol nu	Sol couvert d'une biomasse végétale (tiges de céréale, mucuna). Pâturage
		Etc.	Etc.

De nombreux schémas en rotation de ce type sont envisageables, comme par exemple :
Année n : Céréale + implantation en intercalaire d'*Eleusine coracana* (Fonio) dont les graines seront récoltées. La biomasse produite (paille céréale + Eleusine) est conservée au champ.

Année n + 1 : Dans le paillis résiduel et après contrôle des repousses (sarclage ou passage d'un herbicide systémique (type glyphosate), semis de l'association Céréale + *Brachiaria ruziziensis*. La graminée fourragère permettra un meilleur contrôle des adventices et pourra être partiellement pâturée en fin de saison des pluies (ou conservée pour la soudure).

Année n + 2 : semis d'un coton dans le paillis résiduel, après sarclage ou passage d'un herbicide systémique (type paraquat ou glyphosate) associé selon la disponibilité à un herbicide de prélevée sélectif du coton (type diuron).

4.1.3. Avantage et contraintes des systèmes à base de SCV

Sur le plan strictement agronomique, les systèmes de semis direct sous couvert végétal disposent d'un certain nombre d'avantages comparatifs qui sont notamment fonction :

- de la nature de la plante de couverture implantée (plantes criblées sur leur pouvoir de contrôle des adventices, sur la puissance de leurs systèmes racinaires, etc.) ;
- de la quantité de sol couvert.

Ces avantages sont représentés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau n°11 et 12 : Avantages agronomiques des systèmes de semis direct sous couvert végétal mort (paillage) ou vivant (plante de couverture)

Nature de l'avantage comparatif	Conduite d'une culture sur paillage
Hydrique	Limitation du ruissellement, d'où amélioration de la lutte contre l'érosion
	Diminution de l'évaporation
	Infiltration de l'eau dans le sol facilitée
	Maintien d'une humidité plus importante et plus longue au niveau du sol, favorisant l'alimentation en eau de la plante cultivée
Thermique	Rôle de tampon thermique du paillage qui permet de limiter les variations de température à la surface du sol
Amélioration de la lutte contre les adventices	La couverture du sol limite le développement des adventices
Amélioration de la nature du sol	Augmentation progressive du taux de matière organique du sol par décomposition continue du paillage

Nature de l'avantage comparatif	Plante de couverture
Hydrique	Limitation du ruissellement, d'où amélioration de la lutte contre l'érosion
Amélioration de la structure du sol	Pour des plantes de couverture à fort système racinaire, labour biologique plus profond qu'un labour mécanique
	Augmentation de la profondeur de sol explorée par les racines
	Effet sur la porosité du sol
Amélioration de la nature du sol	« Pompe biologique » favorisant la circulation des éléments minéraux
	Augmentation progressive du taux de matière organique du sol par décomposition des racines mortes
Amélioration de la lutte contre les adventices	La couverture du sol limite le développement des adventices
	Effet d'ombrage de la plante de couverture
	Effet allélopatique de certaines couvertures

Toujours sur le plan strictement agronomique, les systèmes de semis direct sous couvert végétal peuvent présenter un certain nombre d'inconvénients comparatifs :

- plus grand risque phytosanitaire (conservation d'œufs de parasites, humidité plus élevée corrélée avec un accroissement du risque de développement de champignons) ;

- dans des sols appauvris, risque de concurrence initiale entre la plante principale et la couverture pour l'approvisionnement en éléments minéraux du sol si une fertilisation initiale n'est pas prévue ;
- risque de concurrence entre le développement de la couverture et la culture ;
- sélection d'adventices spécifiques des couvertures introduites.

S'ils sont très performants sur le plan agronomique, les systèmes à base de SCV disposent d'atouts et de contraintes variables sur le plan technique et socio-économique. A titre d'exemple, la conduite de systèmes à base de SCV :

- permet généralement de diminuer la pénibilité du travail en réduisant le nombre de sarclages nécessaires ;
- assure une plus grande souplesse dans l'organisation du travail (étalement des travaux de semis et des premiers sarclages par le maintien de l'humidité du sol sur une période plus longue) ;
- nécessite néanmoins une bonne technicité pour la conduite de la culture dans une plante de couverture qui doit être contrôlée et qui modifie les habitudes de travaux.

Le tableau ci-dessous représente une évaluation de certains systèmes à base de SCV par des exploitants agricoles malgaches.

Tableau n° 13 : Evaluation des systèmes à base de SCV par des exploitants malgaches

Avantages (par ordre d'importance)	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Humidité importante de la couverture ➤ Réduction du nombre de sarclages ➤ Cultures plus précoces ➤ Plantes cultivées plus robustes ➤ Augmentation du rendement ➤ Gain de temps et d'argent liée à l'absence de labour ➤ Absence de nécessité d'un resemis ➤ Diminution de l'arrosage 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Paille non disponible en quantité suffisante ➤ Poules, divagation du bétail, feux de brousse ➤ Augmentation de la difficulté du semis (nécessité d'ouvrir la couverture) ➤ Augmentation du nombre d'insectes ravageurs ➤ Travail augmenté par la coupe, le transport et la mise en place du paillage (dans le cadre d'une couverture morte) ➤ Si utilisés, augmentation des coûts phytosanitaires par l'augmentation des coûts de traitement herbicide

4.2. De la pratique des associations végétales au développement de systèmes à base de SCV en zone soudanienne du Tchad : un fossé à franchir ?

En zone soudanienne du Tchad, l'intérêt du développement de systèmes à base de semis direct sous couvert végétal est d'autant plus fort que l'on se situe dans des terroirs où :

- le degré de pression foncière est important : celle-ci conditionne en effet la nécessité d'intensifier et de sécuriser la productivité agricole parcellaire ;
- la pression sur la biomasse végétale pour l'alimentation des cheptels est importante, notamment en saison sèche : celle-ci introduit l'intérêt (alimentaire et économique) de cultiver des plantes fourragères ;
- les processus d'érosion et d'appauvrissement des sols sont avancés : ils entraînent la nécessité de régénérer la fertilité des sols et de résoudre des problèmes agronomiques spécifiques (compaction née de l'appauvrissement en matière organique, ruissellement, etc) ;
- la pression en adventices sur les terres de cultures est devenue difficile à contrôler.

Au delà du facteur terroir, cet intérêt est également fonction des situations individuelles. Deux facteurs peuvent en particulier être cités. Ce sont :

- d'une part le degré de sécurisation foncière, car il conditionne l'intérêt d'investir à moyen terme sur une parcelle ;
- d'autre part le degré du besoin en alimentation animale : la soudure alimentaire en production animale conditionne l'intérêt de mettre en œuvre de systèmes essentiellement à base de plantes fourragères

On conçoit aisément que la connaissance technique liée aux pratiques d'associations culturales constitue un "plus" pour la mise en œuvre de tels systèmes. La plupart des exploitants de la zone soudanienne savent conduire une culture associée, que celle-ci soit implantée de façon simultanée ou en relais. Trois obstacles doivent toutefois être pris en compte pour offrir la possibilité d'un développement de systèmes à base de SCV :

- tout d'abord, ces systèmes sont initialement conçus avec un contrôle de la couverture réalisé à l'aide d'herbicides, or ceux-ci sont à l'heure actuelle très faiblement disponibles en zone soudanienne du Tchad¹².
- ensuite, la nature des associations végétales pratiquées ne se prête pas toujours à leur optimisation sous forme de SCV. C'est par exemple le cas des associations de type arachide / sorgho, dont la production ne permet généralement pas la constitution d'une couverture pérenne suffisante (faible productivité en paille, rapidité de décomposition des fanes d'arachide)
- *last but not the least*, la principale difficulté réside dans la capacité à préserver du brûlis la biomasse parcellaire produite (couverture) en saison sèche.

La couverture pérenne la plus simple à mettre en œuvre, à savoir le paillage des parcelles à l'aide de résidus de récolte produits sur place, donne d'excellents résultats agronomiques en station de recherche. Bien qu'elle puisse permettre de répondre de façon adaptée à certaines problématiques individuelles, sa vulgarisation se heurte à la difficulté de protéger la parcelle du brûlis. L'analyse des pratiques par les fonctions¹³ permet de mettre en évidence plusieurs déterminants de la pratique du brûlis tardif¹⁴ et du brûlis précoce chez les agriculteurs qui le pratique. Certains d'entre eux sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableaux n°14 : Avantages de la pratique de brûlis

AVANTAGES DU BRULIS		
Fonction	Analyse objective	Représentations sociales connexes
Restitution minérale	Il enrichit le sol en éléments minéraux	Le brûlis apporte plus de fertilité au sol que l'incorporation de pailles
Gestion des adventices	Il assure un nettoyage de la parcelle à faible coût en travail	
Protection contre les reptiles et rongeurs	Il fait fuir les rats et les serpents	
Protection phytosanitaire	Le brûlis détruit les œufs de parasites présents dans la parcelle	Le brûlis empêche les bœufs des transhumants de compacter le sol et le transformer en poussière
Chasse	Il permet de lever des animaux à abattre	
Epargne des bœufs de traits (brûlis tardif)	Il permet de limiter la fatigue des bœufs de trait lors du labour	Le brûlis est une exigence des prestataires de service pour le travail du sol
Protection contre les nomades (brûlis précoce)	Il permet d'éviter d'attirer les bœufs des transhumants dans la parcelle pendant la saison sèche	

¹² Il pourrait il est vrai être objecté à ce point qu'il s'agit d'un faux problème, dans la mesure où :

- d'une part, la démonstration de l'intérêt d'une technique assure généralement la diffusion des outils qui lui sont connexes ;
- d'autre part, le contrôle de l'enherbement peut se réaliser manuellement par arrachage voire mécaniquement par le développement de méthodes de sarclage mécanique.

¹³ Fonctions liées à la gestion du potentiel productif de plusieurs ressources mais aussi fonctions connexes

¹⁴ Le brûlis tardif est en général réalisé après les premières pluies pour fixer les cendres sur la parcelle. Il est compatible avec une décomposition relative des pailles pendant la saison sèche.

Dans cet exemple, nous pouvons observer que la pratique du brûlis :

- correspond à la gestion de plusieurs facteurs du potentiel productif du système de production (biomasse végétale, nature du sol) ;
- apporte une réponse efficiente vis-à-vis des contraintes généralement constatées dans les systèmes de production de la zone, à savoir :
 - une faible disponibilité en main d'œuvre ;
 - une absence d'accessibilité à des moyens lourds de travail du sol ;
 - une accessibilité limitée aux intrants et à la matière organique ;
 - des bovins éventuellement présents correspondant d'abord à une épargne sur pieds qu'il importe de préserver de travaux trop pénibles.

La pratique du brûlis correspond en outre à une réponse sociale élaborée sous l'influence :

- d'une pression sociale : exigence des prestataires de services pour le travail du sol, mise à feu des parcelles par les voisins pour la chasse ou pour éviter d'attirer des troupeaux ;
- de représentations collectives inconscientes : « le brûlis apporte plus de fertilité que l'incorporation de pailles au sol¹⁵ » ; « le passage des transhumants sur les parcelles en détruisent la structure (compaction, poussière) »

Pour autant, certains inconvénients synthétisés dans le tableaux ci-dessous peuvent être associés à cette pratique.

Tableau n°15 : Inconvénients d'un brûlis précoce ou tardif

INCONVENIENT DU BRULIS	
Fonction	Analyse objective
Gestion du couvert ligneux	Destruction d'arbustes pouvant être valablement conservés
Structure du sol	Favorise l'érosion éolienne
Restitution minérale	Les cendres s'envolent et font perdre à la parcelle le bénéfice d'une partie de la restitution d'éléments minéraux
Disponibilité en paille	Il diminue la disponibilité en pailles pour d'autres valorisations traditionnelles (seccos, paille de toit, farfares)
Biomasse végétale	Il détruit une richesse fourragère potentiellement valorisable
Biomasse animale	Le brûlis détruit la microfaune des horizons travaillés
Travail	Il entraîne la nécessité d'un travail du sol
Accès aux déjections animales	Il empêche l'accès à la fertilisation des bœufs transhumants

Bien qu'elle soit agronomiquement valable, la réponse « paillage » a pour conséquence une modification profonde des déterminants des systèmes de production.

Elle dispose d'avantages comparatifs mais également d'inconvénients qu'il importe de prendre en compte (cf. tableaux n°16 et 17 page suivante) :

¹⁵ Cela peut s'expliquer par le fait que l'incorporation de pailles au sol entraîne une fin d'azote lors de sa décomposition en éléments minéraux, pouvant se traduire par une fonte des semis.

Tableaux n° 16 et 17 : avantages et inconvénients du paillage.

PAILLAGE (AVANTAGE)		
Fonction	Analyse objective	Représentations sociales connexes
Restitution minérale	Il enrichit le sol en éléments minéraux par la décomposition des tiges	
Gestion des adventices	Il permet de diminuer la pression en adventices au cours du cycle	
Protection hydrique	Il renforce la résistance au stress hydrique en cours de cycle du peuplement végétal sur paillis	
Lutte contre l'érosion	Il permet de diminuer l'érosion hydrique	
Fertilisation organique	Il favorise le passage des nomades et l'épandage de déjections sur la parcelle	
Travail	Il permet l'abandon du travail du sol et permet de réduire le nombre de sarclage	
PAILLAGE (INCONVENIENTS)		
Fonction	Analyse objective	Représentations sociales connexes
Restitution minérale	Il nécessite un apport complémentaire d'urée pour certaines cultures sensibles à la fin d'azote	Le paillage nécessite l'abandon du travail du sol et une modification du sarclage : le sarclage manuel à la houe n'est plus possible et doit être remplacé par un arrachage manuel. Il nécessite une préservation du couvert végétal.
Protection phytosanitaire	Il favorise le maintien d'œufs et de parasites	
Travail	Il nécessite un travail important pour l'installation. Si les pailles ne sont pas produits sur place, leur transport est pénible.	
Protection contre les feux	Il nécessite une protection contre les feux de brousse et les prédatons extérieures	
Disponibilité en paille	Il diminue la disponibilité en pailles pour d'autres valorisations traditionnelles (seckos, paille de toit, farfares)	
Risque	Il augmente le risque de blessures pour des agriculteurs travaillant pieds nus	
Protection contre de petits animaux	Il attire les rats et les serpents	

Le paillage parcellaire à l'aide de résidus de récolte entraîne des modifications complexes des systèmes de production, tant à l'échelle parcellaire qu'au niveau de l'exploitation ou du terroir villageois.

Nous pouvons également remarquer que la balance entre le système préexistant et le système proposé ne sera pas identique pour l'ensemble des agriculteurs concernés par des problématiques élémentaires similaires.

Des hypothèses peuvent alors être faites quant aux groupes stratégiques d'agriculteurs pour lesquels la solution technique envisagée se révélera adaptée. C'est le rôle de l'action de recherche développement que de déterminer *in fine* si les catégorisations faites se révéleront pertinentes (JP. Olivier de Sardan, 1990).

Un raisonnement par « l'idéal » permet d'imaginer une catégorie virtuelle d'agriculteurs qui pourra être intéressée. Nous pouvons ainsi imaginer ici que le passage d'une pratique de brûlis à une pratique de paillage permanent pourra être idéalement intéressante pour des agriculteurs qui :

- rencontrent un coûteux goulet d'étranglement en travail au moment de la préparation du sol et des sarclages ;
- font une préparation manuelle du sol (houage) ;
- disposent d'une capacité de travail pour l'installation du paillage ;
- rencontrent d'importants problèmes d'érosion hydrique et éolienne ;
- ne craignent pas les rats, les serpents et les blessures ;

- souhaitent attirer des bœufs de troupeaux extérieurs à l'exploitation sur leurs parcelles ;
- sont convaincus que l'apport du paillage pourra être supérieur à celui du brûlis en terme de restitution minérale au sol ;
- sont en mesure d'empêcher que leurs parcelles soient brûlées par des voisins ;
- disposent de produits insecticides et d'un approvisionnement en intrants ;
- n'utilisent pas les tiges pour d'autres usages.

Plus les situations rencontrées sont proches de cette catégorie idéale, plus l'innovation proposée a de chances d'être adoptée. L'adoption de l'innovation proposée dépend au final non seulement de sa capacité de réponse aux problèmes techniques posés mais également de sa capacité d'intégration à un système contraint préexistant.

Conclusion

Dans l'ensemble des zones exondées du sud Tchad, la pratique de l'association végétale apparaît généralisée quel que soit les systèmes de production considérés. Recouvrant des formes extrêmement diverses, sa diffusion s'explique par :

- sa double capacité de réponse à des contraintes transversales de la zone et à des problématiques ou objectifs spécifiques ;
- son intérêt économique tant à l'échelle macroéconomique qu'à l'échelle des exploitations agricoles.

Ces pratiques constituent une connaissance technique préalable appréciable pour la diffusion de systèmes à base de semis direct sous couvert végétal.

Le passage de systèmes de culture centrés sur la culture associé et le brûlis des résidus à des systèmes véritablement "tournants" assurant une couverture permanente du sol se heurte toutefois à un certain nombre de difficultés dont la plus importante réside dans la difficulté à préserver la biomasse végétale produite pendant la saison sèche.

Seule une méthode de développement centrée sur un conseil individuel à l'exploitation agricole (id. utilisant le diagnostic-conseil à l'échelle des problématiques individuelles) doublée d'un diagnostic à l'échelle collective peut assurer dans ce cadre le développement de tels systèmes.

C'est à la recherche qu'il appartient aujourd'hui de développer les outils – en particulier méthodologiques- préalables à la mise en œuvre d'une telle démarche.

BIBLIOGRAPHIE

ARRIVETS et ROLLIN, 2002 : Question de fertilité dans la zone soudanienne du Tchad : Proposition d'un travail de recherche développement utilisant des systèmes avec semis direct dans un couvert végétal.

CHARPENTIER H., SEGUY L. et MICHELLON R., Cultures associées, couvertures végétales vivantes ou mortes, in Savanes d'Afrique, terres fertiles ?, 1990

FOVET-RABOT C., WYBRECHT B., 2002, Les associations et les successions de cultures, in Mémento de l'Agronome

GTZ PRO-AGRI, 2002 : Eléments sur les systèmes de production agricole des départements de la Kabbia et du Mayo Dallah

GUIGOU, J., 2003 : Réflexions sur la fertilité au Mali-sud, document non publié.

HAUSWIRTH et NAITOMBAIDE, 2004 : Modes de gestion de la fertilité en zone soudanienne du Tchad, rapport provisoire.

MAGRIN G., 2000 : le Sud du Tchad en mutation : des champs de coton aux sirènes de l'or noir, thèse de doctorat.

NUTTENS, F., 2001 : La zone soudanienne du Tchad, données statistiques compilées dans un CD-ROM publié par l'ONDR / DSN

PAOP, CIRAD/SAR n°81/96, 1996 : Stratégie des producteurs. Exploitation et gestion des ressources naturelles en zone soudanienne.

PIERI C. : Fertilité des terres de savane : bilan de 30 ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara.